A4 | A | B | C

Rev.	Data	Descrizione
P01	31/10/2025	Permesso di Costruire

BRUNO MATTEO
2025.12.16 09:47:29
CN=BRUNO MATTEO
C=IT
2.5.4.4=BRUNO
2.5.4.42=MATTEO

Comune di
Zibido San Giacomo

Progettazione masterplan, Progettazione architettonica,
Progettazione ingegneristica

ARUP

Arup Italia S.r.l.

Corso Italia 1 - 20122 Milano, Italia
t. +39 02 8597 9301
e. milan@arup.com
www.arup.com

Consulenti specialistici:

Prevenzione incendi

Studio Mistretta & Co.
Ing. Silvestre Mistretta
Via Canova 25 - 20145 - Milano
t. +39 02 83533741
e. info@studiomistretta.org

Invarianza idraulica e interferenze

STIGEA
STIGEA S.r.l.
Via Irnerio 10 - 40126 Bologna
t. +39 051 247777
e. info@stigeasrl.it

Requisiti acustici passivi

ambiente s.p.a.
Ambiente S.p.a.
Via Frassina 21 - 54033 - Carrara (MS)
t. +39 05 85855624
e. home@ambientesc.it

Fattibilità ambientale

ERM
ERM Italia S.p.a.
Via San Gregorio 38 - 20124 - Milano
t. +39 02 674401
e. info.italy@erm.com

Sottostazione Alta Tensione

GEOTECH S.r.l.
Geotech S.r.l.
Via Tomaso Nani 7 - 23017 - Morbegno (SO)
t. +39 03 42610774
e. info@geotech-srl.it

Committente

Amazon Data Services Italy S.r.l.

Progetto

PERMESSO DI COSTRUIRE
art. 10(L), D.P.R. 6 Giugno 2001, n° 380

Progetto di Data Center
in Via G. Verdi n° 9, Zibido San Giacomo,
Milano, Italia

Fase progettuale:

Permesso di Costruire

Titolo Elaborato

Relazione di Sostenibilità

Scala	
N/A	
Disciplina	By / Chkd / Appd
Sostenibilità	GS&AM/AM/PC
Arup Job No	Rev
306134-00	P01

Tav. No
Z-G-PDC-REL-XX-02

© Arup

ARUP

Amazon Data Services Italy S.r.l.

Building A

RELAZIONE DI SOSTENIBILITÀ

Reference: Z-G-PDC-REL-XX-02

P01 | 31 Ottobre 2025

This report takes into account the particular instructions and requirements of our client. It is not intended for and should not be relied upon by any third party and no responsibility is undertaken to any third party.

Job number 306134

Arup Italia S.r.l.
Corso Italia 1
Milan
20122
Italy
arup.com

ARUP

Document Verification

Project title	Building A
Document title	RELAZIONE DI SOSTENIBILITÀ
Job number	306134
Document ref	Z-G-PDC-REL-XX-02
File reference	Z-G-PDC-REL-XX-02

Revision	**Date**	**Filename**	Z-G-PDC-REL-XX-02_ITA		
P01	31 Ottobre 2025	**Description**	Permesso di Costruire		
			Prepared by	**Checked by**	**Approved by**
		Name	GS&AM	AM	PC
		Signature			
		Filename			
		Description			
			Prepared by	**Checked by**	**Approved by**
		Name			
		Signature			
		Filename			
		Description			
			Prepared by	**Checked by**	**Approved by**
		Name			
		Signature			

Issue Document Verification with Document ☑

Contenuti

1.	Introduzione	1
2.	Conformità alle normative	2
2.1	Approccio adottato	2
2.2	Requisiti dell'involucro e degli impianti	2
2.3	Spazi condizionati	3
2.4	Prestazioni dell'involucro	3
2.5	Integrazione delle fonti rinnovabili	4
2.6	Stazioni di ricarica per veicoli elettrici	5
3.	Carbonio incorporato	7
3.1	Requisiti di sostenibilità	7
4.	Temperature di progetto estreme	13
5.	Resilienza	14
5.1	Tendenze climatiche attuali	14
5.2	Potenziale evoluzione del clima locale	16
5.3	Implicazioni per il design	21
6.	Strategia di gestione sostenibile dell'acqua	21
7.	Bibliografia	22

1. Introduzione

La presente relazione presenta gli approcci di sostenibilità previsti in conformità a quanto proposto nelle Linee Guida per le Procedure di Valutazione Ambientale dei Data Center (D.D. VA n. 257 del 02/08/2024) per il progetto di realizzazione di un Data Center nel comune di Zibido San Giacomo in provincia di Milano.

La strategia di sostenibilità proposta per il progetto si basa sul quadro normativo e regolamentare di riferimento, a partire dalle linee guida citate, e sugli impegni in tema di sostenibilità espressi dal cliente:

- Nel 2019, Amazon ha co-fondato The Climate Pledge, un impegno a raggiungere zero emissioni nette di carbonio entro il 2040, dieci anni prima dell'Accordo di Parigi. Nell'ambito di questo impegno, Amazon ha alimentato le proprie attività globali con il 100% di energia rinnovabile entro il 2023 (con sette anni di anticipo rispetto all'obiettivo originario del 2030).
- Amazon è il più grande acquirente di energia rinnovabile al mondo e ha annunciato 512 progetti di energia rinnovabile in 22 Paesi, che copriranno oltre 20 gigawatt (GW) di capacità di energia rinnovabile. Una volta pienamente operativo, il portafoglio globale di energia rinnovabile di Amazon genererà più di 77.000 gigawattora (GWh) di energia rinnovabile, ovvero l'equivalente dell'elettricità necessaria per alimentare 7,3 milioni di case ogni anno. In Italia, i progetti di energia rinnovabile si concentrano sui parchi solari di Mazara e Paternò, che contribuiranno con 66 megawatt (MW) alla rete locale e alimenteranno più di 20.000 abitazioni, con un risparmio di oltre 62.000 t/CO2 all'anno, l'equivalente di piantare più di 3 milioni di alberi. Amazon sta inoltre pianificando un altro progetto solare su scala utility nel sud Italia che, una volta operativo, produrrà 40 MW di energia rinnovabile.
- AWS si è impegnata a essere Water Positive entro il 2030 e per farlo sta aumentando l'uso di fonti idriche più sostenibili, migliorando l'efficienza nell'uso dell'acqua in tutte le sue attività, riutilizzando l'acqua il più possibile e sostenendo progetti di rifornimento idrico per le comunità e l'ambiente in tutto il mondo.
- Infine, AWS è membro fondatore e firmatario del Climate Neutral Data Centre Pact, che prevede l'impegno a ridurre al minimo il consumo di acqua ed energia.

L'obiettivo di questa relazione è quello di inquadrare i principi di sostenibilità adottati per la progettazione, la costruzione e il funzionamento del data centre, concentrandosi sui seguenti aspetti:

- Requisiti obbligatori in termini di efficienza energetica, con particolare riferimento all'involucro edilizio e alla produzione di energia da fonti rinnovabili;
- Riduzione al minimo dell'impronta di carbonio dell'edificio durante la costruzione attraverso un approccio molto impegnativo e ambizioso alla scelta dei materiali e delle tecniche di costruzione;
- Analisi dei potenziali effetti dei cambiamenti climatici e di come questi influenzino e modifichino la progettazione dei data center.
- Analisi del recupero del calore del datacenter all'interno di un'area industriale, che potrebbe beneficiare di una produzione a bassa temperatura in inverno e/o in estate;
- Analisi delle opportunità in loco per la definizione di una strategia di gestione delle acque potenzialmente allineata con gli impegni di Water stewardship.

2. Conformità alle normative

Questa sezione del documento descrive i requisiti normativi nazionali e regionali in termini di efficienza energetica e integrazione delle fonti rinnovabili.

2.1 Approccio adottato

L'edificio Building A è composto da una parte adibita a uffici (nel progetto identificata come “admin area”) e dalla parte principale relativa all'elaborazione dati (area datahall) e ai locali elettrici a servizio della stessa. La categoria d'uso dell'edificio in progetto rientra nella categoria catastale italiana E.8 - Edifici adibiti ad attività industriali, artigianali e assimilabili, e il tipo di intervento è una Nuova Costruzione.

Secondo quanto previsto dal D.d.u.o. 18 dicembre 2019 / n. 18546, punto 3.2 dell'Allegato, gli edifici industriali e artigianali sono esclusi dall'applicazione delle verifiche ai sensi della ex Legge 10 se gli ambienti sono climatizzati per le esigenze del processo produttivo; pertanto, la porzione di data center che ospita le sale dati e i relativi spazi tecnici non è soggetta alle verifiche normative in quanto il controllo delle condizioni interne è legato a finalità produttive/industriali.

La parte dell'edificio che è soggetta alle verifiche richieste dalla normativa vigente della Legge 10/91 (D.M. 26/06/2015 e D.G.R. 18546 del 18/12/2019) è l'area amministrativa (admin area) del data center, dove è stata effettuata la progettazione dell'involucro e dei sistemi impiantistici per garantire il comfort degli occupanti. Questi requisiti, relativi all'efficienza dell'involucro e degli impianti, sono descritti nella sezione 2.2.

I requisiti definiti dal D.Lgs. 199/2021 e dal D.Lgs. 48/2020 in materia di fonti energetiche rinnovabili e di punti di ricarica per veicoli elettrici e le disposizioni sono trattati rispettivamente nelle sezioni 2.3 e 2.6.

2.2 Requisiti dell'involucro e degli impianti

Il decreto regionale 18546 del 18/12/2019, che segue la normativa nazionale (DM 26/06/2015) con alcune modifiche locali, definisce i requisiti minimi di efficienza energetica da rispettare per ogni categoria di edificio e tipologia di intervento e le modalità di calcolo del fabbisogno energetico degli edifici.

I requisiti, elencati di seguito, si concentrano sulle prestazioni dell'involucro e sull'efficienza dei sistemi impiantistici, considerando la stagione di riscaldamento e raffreddamento e tutti i servizi all'interno dell'edificio come riscaldamento, raffreddamento, acqua calda sanitaria, ventilazione, illuminazione e trasporto verticale.

<u>Coefficiente di trasferimento termico medio globale per la trasmissione H't</u>

Questo requisito limita la dispersione termica complessiva per ridurre al minimo i carichi di riscaldamento e il relativo consumo energetico.

Nel calcolo del coefficiente H't si tiene conto dei seguenti parametri:

- Superficie esterna lorda opaca (m^2) e trasmittanza (W/m^2K);
- Superficie vetrata lorda (m^2) e trasmittanza (W/m^2K).

Il valore limite di H't da rispettare è determinato in base alla zona climatica del progetto e al rapporto tra superficie dell'involucro e volume dell'edificio.

<u>Area solare equivalente Asol, eq</u>

Il parametro della superficie vetrata equivalente limita l'area trasparente e quindi i guadagni solari per ridurre al minimo i carichi di climatizzazione e il relativo consumo energetico.

Nel calcolo del coefficiente Asol,eq sono stati presi in considerazione i seguenti parametri:

- superficie vetrata lorda (m^2) e fattore solare (g);
- fattore di ombreggiamento del sistema di ombreggiamento (schermature esterne e/o interne);
- ombreggiatura esterna dell'edificio e/o ombra portata dagli elementi circostanti;

– superficie dell'edificio.

Indice di prestazione termica utile per il riscaldamento EPH,nd e Indice di prestazione termica utile per il raffreddamento EPC,nd

Gli indici di prestazione termica utile per il riscaldamento e il raffrescamento limitano il consumo energetico associato rispettivamente al riscaldamento e al raffrescamento dell'edificio e tengono conto solo dell'involucro edilizio, senza considerare i servizi dell'edificio.

La normativa richiede che i valori calcolati per il progetto non superino gli indici di prestazione termica di un edificio di riferimento con la stessa geometria e lo stesso orientamento, ma con valori di trasmittanza U e di fattore solare g stabiliti dalla legge.

Indice di prestazione energetica globale ed efficienza media stagionale

Gli indici di prestazione energetica globale e di efficienza media stagionale considerano la prestazione complessiva del sistema involucro-impianto-rinnovabili, evidenziando se l'edificio consuma meno dell'edificio di riferimento e se i sistemi impiantistici proposti sono più efficienti dei sistemi standard previsti dalla legge.

2.3 Spazi condizionati

Come indicato nei capitoli precedenti, le aree climatizzate per le esigenze del processo industriale, come le sale dati, sono escluse dai requisiti di conformità al codice.

La linea termica dell'involucro delimita l'area amministrativa, climatizzata per il comfort degli occupanti e sottoposta a controlli di efficienza energetica, da quella della sala dati.

L'ala amministrativa del Building A presenta tre diversi tipi di stanze:

- spazi, con o senza permanenza di persone, climatizzati per esigenze di comfort e quindi soggetti ai requisiti previsti dalla Legge 10/91 (gialla);
- spazi tecnici, con o senza permanenza di persone, climatizzati per esigenze di processo, e quindi non soggetti ai requisiti della Legge 10/91 (blu);
- spazi senza permanenza di persone, non climatizzati e quindi non soggetti ai requisiti della ex Legge 10/91 (rosa)

2.4 Prestazioni dell'involucro

I requisiti a cui è soggetto il data center Building A sono determinati con riferimento all'ambito delle Nuove Costruzioni e alla categoria E.8 - Edifici adibiti ad attività industriali, artigianali e simili.

Questi includono il rispetto delle prestazioni minime dell'involucro edilizio, in termini di limite di trasmittanza per le strutture opache verticali e orizzontali e per le chiusure tecniche trasparenti.

Le aree soggette alla verifica della conformità al codice nazionale sono quelle relative all'ala amministrativa, come indicato nel capitolo precedente.

La tabella seguente riporta i valori di trasmittanza di riferimento per legge (e altri parametri associati ai componenti dell'involucro) e quelli adottati nella progettazione con riferimento all'area/blocco amministrativa.

Costruzione	Trasmittanza di Riferimento [W/m²K]	Altri dati di riferimento [-]	Trasmittanza di Progetto [W/m²K]	Tenuta all'aria [m³/h/m²]	Altri dati di progettazione [-]
Parete esterna	0.26	-	0.22	3 in blocco admin 10 in blocco datahall	-
Parete verso spazi non riscaldati nel blocco admin o verso locali freddi datahall	0.32	-	0.26	3 in blocco admin 10 in blocco datahall	-
Parete continua	1.40	Valore g = 0,35	1.40	3 in blocco admin 10 in blocco datahall	Valore g=0,30 SF=0,60
Piano terra	0.26	-	0.12	N/A	-
Tetto	0.22	Riflettenza > 65%	0.19	3 in blocco admin 10 in blocco datahall	Riflettenza >65%
Porte esterne opache	1.40	-	1.40	3 in blocco admin 10 in blocco datahall	-
Parete interna	-	-	-	3 in blocco admin 10 in blocco datahall	-

La porzione della datahall, come già detto, non è soggetta ai requisiti di legge perché è condizionata per esigenze di processo. Non ha nemmeno requisiti indiretti sull'involucro perimetrale come per altri locali non climatizzati confinanti con l'esterno di un locale climatizzato (trasmittanza massima 0,8 W/m²K), poiché la temperatura della sala dati è garantita dal processo industriale e non si prevedono perdite di calore per l'area amministrativa nella stagione invernale attraverso la sala dati.

La datahall non ha quindi requisiti obbligatori sulle prestazioni dell'involucro; tuttavia, le prestazioni termiche e fisiche dell'involucro sono state ottimizzate, garantendo:

- una copertura con uno strato di 70 mm di isolante PIR (U = 0,40 W/m²K) e una finitura ad alta riflettanza (SRI> 65) per ridurre il guadagno solare attraverso la componente opaca dell'involucro orizzontale;
- una finitura non scura sull'involucro verticale esterno opaco per ridurre il guadagno solare e un isolamento ridotto di 45 mm di PIR (U = 0,44 W/m²K) per consentire maggiori perdite di calore in tutti i locali tecnici elettrici.

2.5 Integrazione delle fonti rinnovabili

Il Decreto Legislativo 199/2021, "Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili", definisce gli strumenti, i meccanismi, gli incentivi e il quadro istituzionale, finanziario e giuridico, necessari per raggiungere gli obiettivi di aumento della quota minima del 30% di energia da fonti rinnovabili al 2030.

Le disposizioni contenute nel decreto sono necessarie per l'attuazione delle misure del Piano nazionale di ripresa e resilienza (PNRR) in materia di energia da fonti rinnovabili, in conformità con il Piano nazionale integrato per l'energia e il clima (PNIEC).

Secondo l'art. 26 del D.Lgs. 199/2021, gli edifici di nuova costruzione devono prevedere l'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili, soddisfacendo entrambi i requisiti di seguito riportati:

- Requisito elettrico: una capacità fotovoltaica minima (kWp) pari al 5% dell'impronta dell'edificio (sia per gli spazi climatizzati per il comfort degli occupanti che per gli scopi industriali) per gli edifici di nuova costruzione;
- Requisito termico: conformità simultanea con la copertura del 60% di:
  - consumo di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria;
  - consumo di energia primaria per la produzione di acqua calda sanitaria, riscaldamento e raffreddamento.

Al fine di soddisfare i requisiti del decreto legislativo 199/2021 per il fabbisogno elettrico, la potenza di picco minima richiesta è stata calcolata in base all'ingombro dell'intero edificio, compresa l'area amministrativa e l'area del datahall:

- Ingombro Building A e edifici ausiliari* = 14486 m^2 (*tettoie, sottostazioni elettriche e altri oggetti sono esclusi dal calcolo)
- Potenza minima di picco (nuova costruzione) = 14486 m^2 * 5% = 724.3 kWp
- Superficie netta minima = 724.3 kWp * 5 m^2/kWp = 3622 m^2
- Superficie lorda richiesta = 3622 m^2 / 70% (efficienza del layout) = 5174 m^2

Si prevede che l'impianto fotovoltaico, posizionato in copertura, produrrà circa 800 MWh all'anno.

La copertura rinnovabile è raggiunta considerando la produzione rinnovabile in loco, la quota di energia rinnovabile immessa nella rete nazionale e l'energia termica recuperata dall'ambiente attraverso le pompe di calore.

Un parametro di conformità, definito in base alla nostra esperienza, può essere utilizzato per valutare la produzione rinnovabile in loco necessaria per soddisfare i requisiti di copertura del 60%:

- Copertura rinnovabile specifica = 40 kWh per 1 m^2 di area condizionata
- Area condizionata = 2500 m^2
- Fabbisogno di produzione rinnovabile = 40 kWh/ m^2 * 2500 m^2 = 100 MWh

Considerando il requisito obbligatorio stabilito dal requisito elettrico, la conformità è confermata.

2.6 Stazioni di ricarica per veicoli elettrici

Secondo la normativa vigente (D.Lgs. 48/2020), per gli edifici non residenziali di nuova costruzione è necessario che:

- la fornitura di almeno 1 punto di ricarica per veicoli elettrici;
- la fornitura di infrastrutture di canalizzazione, cioè di condotti per i cavi elettrici, per almeno il 20% dei posti auto, al fine di consentire l'installazione di ulteriori punti di ricarica per veicoli elettrici in una fase successiva.

Inoltre, la direttiva europea EPBD, approvata nel 2024 e che entrerà in vigore dopo 18 mesi dall'approvazione della normativa (giugno 2025), introdurrà un requisito ancora più stringente per i cavidotti sotterranei negli sviluppi esistenti (almeno il 50% dei posti auto previsti) o per le stazioni di ricarica per veicoli elettrici (almeno il 10% dei posti auto previsti).

D'altra parte, secondo i requisiti della bozza di aggiornamento del settembre 2024 del Decreto Requisiti Minimi (D.M. 26 giugno 2015) per gli edifici non residenziali di nuova costruzione con parcheggi situati al loro interno o adiacenti, è necessario prevedere contemporaneamente:

- la fornitura di 2 punti di ricarica EV ogni 20 posti auto (per un numero totale di posti auto compreso tra 21 e 100) di tipo A (Pn>= 7,4kW e con almeno 32° per fase);
- almeno 1 posto auto su 5 realizzazione di un'infrastruttura di canalizzazione del sistema mediante tubi corrugati di diametro d
    - interno alle strutture murarie: d > 25 mm;
    - sotterraneo: d > 90 mm.

Il numero totale di posti auto attualmente previsto dal progetto è di circa 50 posti.

Analizzando i requisiti normativi di cui sopra e confrontandoli con il progetto di base del cliente, i risultati sono 5 punti di ricarica (10% del totale dei punti) e 10 predisposizioni per veicoli elettrici (20% del totale dei punti), fornendo infrastrutture di canalizzazione per le future installazioni del sistema.

Questi calcoli sono stati confermati e i punti di ricarica EV sono stati integrati nel masterplan.

3. Carbonio incorporato

Amazon Web Services (AWS) ha l'obiettivo esplicito di ridurre le emissioni di carbonio incorporato legate all'acquisto di beni e servizi. Le misure introdotte e perseguite nel progetto mirano a minimizzare il carbonio incorporato del nuovo intervento, attraverso l'applicazione di un approccio al ciclo di vita (LCA).

I requisiti individuati per la riduzione delle emissioni di carbonio incorporato dei materiali per i moduli A1-A3 (secondo la norma EN 15978) dell'LCA, mirano a minimizzare le emissioni di CO2e legate all'estrazione delle materie prime, al trasporto e alla fabbricazione dei prodotti da costruzione, promuovendo l'adozione dei materiali più innovativi e a basse emissioni di carbonio disponibili sul mercato.

Attualmente il progetto non è ancora in fase di approvvigionamento dei materiali. Pertanto, la verifica di questi aspetti dovrà essere riconsiderata durante la fase di approvvigionamento e fornita in modo tempestivo per influenzare efficacemente la progettazione.

3.1 Requisiti di sostenibilità

3.1.1 Calcestruzzo in opera

L'Appaltatore dovrà fornire calcestruzzo con valori limite di GWP A1-A3 non superiori ai valori indicati nella tabella seguente. È possibile utilizzare l'interpolazione lineare se il grado di resistenza di un prodotto non è riportato in tabella. È accettabile fare una media tra più prodotti in calcestruzzo su base ponderata per volume (cioè, alcune miscele con valori di GWP superiori ai massimi indicati sono accettabili se il carbonio incorporato complessivo installato è inferiore al massimo complessivo di carbonio incorporato).

L'Appaltatore deve presentare all'Ingegnere, per approvazione, prima della fornitura di qualsiasi calcestruzzo, uno dei seguenti documenti per ciascun prodotto:

(a) Una Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD) che sia in linea con ISO 14025, EN 15804 o ISO 21930.
(b) Analisi del Ciclo di Vita che sia conferme a ISO 14044, EN 15804 o ISO 21930.
(c) un certificato di design della miscela di calcestruzzo che dettagli la quantità e la classe di cemento e la quantità di ciascun materiale cementizio supplementare – accompagnato da calcoli conformi alla seguente sezione "Metodo di calcolo proxy per il GWP A1-A3 del calcestruzzo"

Valori massimi di GWP per il calcestruzzo gettato in opera

Grado di resistenza [MPa]	Valori limite A1-A3 GWP [$kgCO_2e/m^3$]
C8/10	116
C12/15	135
C16/20	150
C20/25	165
C25/30	188
C30/37	210
C32/40	225
C35/45	236
C40/50	248
C45/55	263
C50/60	278

Metodo di calcolo proxy per il GWP A1-A3 del calcestruzzo

Se i dati basati sulla valutazione del ciclo di vita non sono disponibili per il calcestruzzo, il valore di GWP A1-A3 del calcestruzzo dovrà essere calcolato, in base alle informazioni sulla composizione della miscela, utilizzando la seguente formula:

Calcestruzzo A1-A3 GWP ≈ 40.4 - 0.001 × [quantità cementizia totale, kg/m³]

+ [cemento GWP, $kgCO_2e/kg$] × [quantità di cemento, kg/m³]
+ [GGBS GWP, $kgCO_2e/kg$] × [quantità di materiali cementizi secondari (MCS), kg/m³]

Se è disponibile una Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD) specifica per il prodotto o un EPD a livello industriale per la classe di cemento (o il GGBS) proposta, occorrerà adottare i valori di Potenziale di Riscaldamento Globale (GWP) da tali documenti nel calcolo sopra indicato. In alternativa, si consiglia di adottare i seguenti valori:

EMEA:	CEM I:	0.86 $kgCO_2e/kg$
	CEM II / A-V:	0.73 $kgCO_2e/kg$
	CEM II / A-L:	0.70 $kgCO_2e/kg$
	CEM II / A-S:	0.73 $kgCO_2e/kg$
	CEM II / B-S:	0.62 $kgCO_2e/kg$
	CEM III / A:	0.51 $kgCO_2e/kg$
	CEM III / B:	0.37 $kgCO_2e/kg$
	GGBS (Scoria di altoforno):	0.06 $kgCO_2e/kg$

Impatto sul programma di costruzione
Qualora i requisiti di sostenibilità sopra indicati comportino ritardi nella programmazione dei lavori, come ritardi associati a tempi di disarmo o di sviluppo della resistenza più lunghi, l'Appaltatore dovrà presentare i dettagli del ritardo in forma di diagrammi di Gantt per la revisione e approvazione dell'Ingegnere e del Responsabile della Costruzione.

Materiali
Cemento
Il cemento dovrà essere di tipo CEM I, CEM II, CEM III, CEM IV o CEM V e dovrà essere conforme a: IS EN 197-1:2011 "Composizione, Specifiche e Criteri di Conformità per Cementi Comuni".
Il produttore dovrà fornire certificati di prova sul cemento utilizzato quando richiesto. Dovranno essere eseguiti test aggiuntivi su qualsiasi cemento che risulti deteriorato a causa dell'età, danni ai contenitori, conservazione impropria o qualsiasi altro motivo. In ogni caso, il lotto di cemento campionato e testato che non risulti conforme ai requisiti sarà respinto e rimosso dal sito.
L'uso di cemento o calcestruzzo ad alto contenuto di allumina è proibito.

Additivi per cemento
Scoria di altoforno macinata (GGBS)
La scoria granulata d'altoforno macinata (GGBS) può essere utilizzata come aggiunta di Tipo II al Cemento Portland (CEM I) o al Cemento Portland Composito (CEM II) nel calcestruzzo in conformità con IS EN 206-1:2021 "Calcestruzzo: Specifica, Prestazioni, Produzione e Conformità".
Il GGBS dovrà essere conforme a IS EN 15167-1:2006 "Scoria d'altoforno macinata per uso in calcestruzzo, malta e boiacca: Definizioni, Specifiche e Criteri di Conformità" e IS EN 15167-2:2006 "Scoria d'altoforno macinata per uso in calcestruzzo, malta e boiacca: Valutazione della conformità".
Si richiede di consultare la sezione “Impatto sul programma di costruzione” per i dettagli sui tempi di disarmo del calcestruzzo con aggiunte di GGBS.

Cenere volante
La cenere volante può essere utilizzata come aggiunta di Tipo II al Cemento Portland (CEM I) o al Cemento Portland Composito (CEM II) nel calcestruzzo in conformità con IS EN 206-1:2002 "Calcestruzzo: Specifica, Prestazioni, Produzione e Conformità".
La cenere volante deve essere conforme a IS EN 450-1:2013 "Cenere volante per uso in calcestruzzo: Definizioni, Specifiche e Criteri di Conformità" e IS EN 450-2:2005 "Cenere volante per uso in calcestruzzo: Valutazione della conformità".
Nel caso di sostituzioni del cemento come sopra indicato, si precisa che l'approvazione dell'Ingegnere deve essere ottenuta prima dell'inizio dei lavori.
L'Appaltatore deve trasmettere tutti i progetti delle miscele di calcestruzzo all'Ingegnere per approvazione prima dell'uso in cantiere.

3.1.2 Calcestruzzo prefabbricato

I requisiti di sostenibilità per la riduzione del carbonio incorporato per la costruzione del data center stabiliscono i valori massimi di Potenziale di Riscaldamento Globale (GWP) dei moduli A1-A3 (secondo la norma EN 15978) dell'LCA per gli elementi prefabbricati in calcestruzzo, come le lastre alveolari, le travi e i pilastri prefabbricati in calcestruzzo, come da tabella seguente.

Elemento strutturale	Miglior valore di mercato A1-A3 GWP
Tavole alveolari prefabbricate in calcestruzzo	< 110 $kgCO_2e/m^2$
Travi prefabbricate in calcestruzzo	< 700 $kgCO_2e/m^3$
Colonne prefabbricate in calcestruzzo	< 550 $kgCO_2e/m^3$

Prima della fornitura di calcestruzzo, è necessario fornire una delle seguenti informazioni per ogni prodotto:

a) Una Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD) conforme alle norme ISO14025, EN15804 o ISO21930.

b) Calcolo della valutazione del ciclo di vita (LCA) conforme a ISO14044, EN15804 o ISO21930.

c) Un certificato di progettazione della miscela che specifichi la quantità e la classe di cemento e la quantità di ciascun materiale cementizio supplementare.

Si noti che i valori di cui sopra si riferiscono al prodotto finito, inclusa l'armatura. Pertanto, al fine di raggiungere le soglie di carbonio incorporato, si suggerisce di evitare l'uso del CEM I nella progettazione dei mix di calcestruzzo prefabbricato, prevedendo invece l'uso del CEM II o di classi di cemento superiori, e di verificare la fattibilità di adottare prodotti che rispettino i requisiti di riduzione delle emissioni di carbonio incorporato per l'armatura in acciaio, riportati nei capitoli dedicati del presente report.

Si segnala che il CEM II è regolarmente offerto in diversi mercati dai produttori di calcestruzzo prefabbricato nel loro portafoglio a basso contenuto di carbonio, rafforzando così la posizione dei fornitori di calcestruzzo prefabbricato sul mercato come leader nella sostenibilità. Il CEM II potrebbe avere impatti minori sui tempi di maturazione, sulla rimozione delle casseforme e sulla resistenza al sollevamento.

La fattibilità del loro utilizzo dovrebbe essere verificata per lo specifico contesto progettuale in fase di appalto (ad esempio, verificando la stagione di produzione, l'uso e la quantità di elementi precompressi in acciaio, le specifiche tecniche, il programma e il calendario del progetto, ecc.)

3.1.3 Acciaio per armatura

3.1.3.1 Limite alle Emissioni di Trasporto – Tutto l'Acciaio

Almeno il 90% (in massa) di tutto l'acciaio utilizzato nelle applicazioni strutturali e civili dovrà avere emissioni di trasporto incorporate non superiori a 0,10 tCO_2e/ton rispetto ai prodotti equivalenti facilmente disponibili sul mercato locale (che potrebbero non essere conformi alla sezione "Metodo di calcolo proxy per il GWP A1-A3 dell'acciaio EAF"). Per l'acciaio d'armatura, le emissioni di trasporto incorporate corrispondono al valore A4 secondo EN 15978, mentre per i prodotti fabbricati a freddo il valore deve includere tutte le emissioni di trasporto dal produttore di acciaio in poi.

Questo requisito si applica all'acciaio d'armatura, all'acciaio strutturale, alle fibre di acciaio e all'acciaio negli elementi prefabbricati in calcestruzzo, ma non si applica ai trefoli di tensionamento, alle strutture di data hall, alle recinzioni e ai pali della luce.

I valori specifici del progetto per le emissioni di trasporto " well-to-wheel" dovranno essere calcolati utilizzando uno dei seguenti strumenti:

- Web: GEODIS (geodis.com/geodis_carbon_calculator/form), which uses EcoTransIT APIs
- Web: CEVA Logistics (cevalogistics.com/en/eco-calculator), which uses Searoutes APIs
- Software: Sphera GaBi (sphera.com/life-cycle-assessment-lca-software/)

Prima di acquistare qualsiasi acciaio, l'Appaltatore Generale deve presentare i calcoli delle emissioni A4 specifiche del progetto per l'approvazione del Consulente Principale.

3.1.3.2 Limite alle Emissioni "Cradle-to-Gate"

Almeno il 90% (in massa) di tutto l'acciaio d'armatura utilizzato nelle applicazioni civili e strutturali (compresi gli elementi prefabbricati in calcestruzzo) dovrà avere valori di GWP A1-A3 (secondo EN 15978) inferiori a: 0,45 tCO_2e/ton.

Prima di acquistare qualsiasi acciaio d'armatura, l'Appaltatore Generale dovrà presentare uno dei seguenti documenti per l'approvazione del Consulente Principale:

(a) Una Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD) conforme a ISO 14025 e EN 15804 o ISO 21930.

(b) Analisi del Ciclo di Vita A1-A3 conformi a ISO 14044 e EN 15804 o ISO 21930.

(c) [Solo per acciaio prodotti da Forno ad Arco Elettrico (EAF)] Rapporti aziendali su carta intestata e dati del gestore della rete elettrica che confermano gli input per un calcolo proxy in conformità con la sezione "Metodo di calcolo proxy per il GWP A1-A3 dell'acciaio Forno ad Arco Elettrico (EAF)".

Metodo di calcolo proxy per il GWP A1-A3 dell'acciaio Forno ad Arco Elettrico (EAF)

Quando i dati basati sulla valutazione del ciclo di vita non sono disponibili, il valore di GWP A1-A3 per l'acciaio prodotto in un forno ad arco elettrico (EAF) può essere calcolato utilizzando la seguente formula, basata sulle informazioni fornite dal produttore:

A1-A3 GWP ≈ 0.05[1] + 0.2 × [Frazione di rottame, % ÷ 100]

+ 2.1 × [Frazione di ghisa, % ÷ 100]

+ 1.1 × [Frazione di ferro ridotto direttamente con gas naturale, % ÷ 100]

+ 0.7[2] × [Fattore di emissione della rete[3], tCO_2e/MWh] × (100 – [Energia rinnovabile volontaria[4], %])

[1] Aumentare di 0,05 per reti e gabbie; aumentare di 0,05 se l'EAF è dotato di bruciatori a ossicombustibile; e diminuire di 0,02 se il laminatoio utilizza la laminazione a caldo con carica diretta (senza forno di ricottura).

[2] Ridurre di 0,1 se l'EAF è dotato di bruciatori a ossicombustibile; e ridurre di 0,1 se il materiale in ingresso nell'EAF è preriscaldato con i gas di scarico.

[3] Il fattore di emissione combinato di Scope 2 e Scope 3 dell'elettricità della rete nella località del laminatoio EAF. Devono essere utilizzati i fattori di emissione 'residuali' (anziché 'di produzione') quando disponibili.

[4] Elettricità rinnovabile volontariamente acquistata dal laminatoio EAF come percentuale del consumo totale. Deve essere verificata tramite l'acquisizione e il ritiro dei certificati di energia rinnovabile (RECs) o tramite l'acquisizione e la conservazione dei certificati di garanzia dell'origine dell'energia rinnovabile (REGOs).

3.1.4 Acciaio strutturale

3.1.4.1 Limite alle Emissioni di Trasporto

Riferirsi alla sezione 4.1.3.1 per il Limite alle Emissioni di Trasporto.

3.1.4.2 Limite alle Emissioni "Cradle-to-Gate"

Almeno il 70% (in massa) di tutto l'acciaio strutturale (esclusi le strutture per data hall, le recinzioni, i pali della luce e le pareti divisorie) dovrà avere valori di GWP A1-A3 (secondo EN 15978) inferiori a:

- Sezioni laminate a caldo, angolari e piatti (EMEA): 0,7 tCO_2e/ton
- Sezioni cave; Sezioni saldate (EMEA): 1,6 tCO_2e/ton
- Sezioni leggere formate a freddo; lamiera metallica (EMEA): 1,5 tCO_2e/ton

Per qualsiasi prodotto in cui i dati disponibili basati sulla valutazione del ciclo di vita riguardano solo l'acciaio grezzo acquistato dal laminatoio a freddo o dal fabbricante (oppure quando si utilizza il metodo proxy di cui sopra), confrontare con il limite di GWP A1-A3 per le sezioni laminate a caldo.

Prima di acquistare qualsiasi acciaio strutturale, l'Appaltatore Generale deve presentare uno dei seguenti documenti per l'approvazione del Consulente Principale:

(a) Una Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD) conforme a ISO 14025 e EN 15804 o ISO 21930.

(b) Calcoli del Ciclo di Vita A1-A3 conformi a ISO 14044 e EN 15804 o ISO 21930.

(c) [Solo per acciaio EAF] Rapporti aziendali su carta intestata e dati del gestore della rete elettrica che confermano gli input per un calcolo proxy in conformità ai requisiti della Sezione 4.1.3.2.

3.1.5 Trefoli precompressi

3.1.5.1 Limite alle Emissioni di Trasporto

Riferirsi alla sezione 4.1.3.1 per il Limite alle Emissioni di Trasporto.

3.1.5.2 Limite alle Emissioni "Cradle-to-Gate"

I requisiti di sostenibilità dell'AWS per la riduzione del carbonio incorporato nella costruzione del centro dati prevedono quanto segue: I trefoli precompressi devono avere valori GWP dei moduli A1-A3 (secondo EN 15978) dell'LCA inferiori a 1,30 $kgCO_2e$/kg.

Nella fase di approvvigionamento, si dovrà valutare la disponibilità dei materiali specifici e la fattibilità tecnico-economica di queste scelte, tenendo conto che il contenuto di carbonio dovrà essere dimostrato attraverso una EPD o un calcolo certificato di Life Cycle Assessment (LCA).

La percentuale di contenuto riciclato nei trefoli precompressi è fondamentale per ridurre il carbonio incorporato. Il contenuto riciclato massimo consentito può variare a seconda del prodotto specifico richiesto dal progetto e della disponibilità di materiale riciclato al momento dell'approvvigionamento (vergelle), ma in generale potrebbe essere superiore a > 60%.

3.1.6 Asfalto

Tutto l'asfalto deve essere "warm mix" (WMA) con >20% di contenuto riciclato post-consumo (in massa). Per WMA si intende la produzione, il trasporto e lo scarico ad una temperatura inferiore a 130°C. Ciò si ottiene utilizzando additivi chimici, tecniche di schiumatura e/o rivestimento sequenziale degli aggregati.

Il contenuto riciclato post-consumo accettabile comprende:

- Pavimenti di asfalto rigenerati (RAP)
- Materiale di base non agglomerato riciclato; e
- Pneumatici riciclati, vetro, plastiche morbide e cartucce per stampanti, se il produttore può dimostrare che questi materiali hanno avuto prestazioni soddisfacenti in installazioni precedenti, pari a quelle delle WMA prodotte con tutti i nuovi materiali.

Prima della fornitura di asfalto deve essere presentato quanto segue:

a) Un certificato che confermi la temperatura di fornitura dell'asfalto e la percentuale di ciascun tipo di contenuto riciclato post-consumo; e

b) Se disponibile, una Dichiarazione Ambientale di Prodotto (EPD) conforme alle norme ISO 14025, EN 15804 o ISO 21930.

3.1.7 Alluminio

I requisiti di sostenibilità per la riduzione del carbonio incorporato nella costruzione del data center prevedono quanto segue: Fornire lamelle prodotte con alluminio basso contenuto di carbonio incorporato utilizzando contenuto riciclato.

Il progetto si basa sull'integrazione del sistema di lamelle in alluminio prodotto da QEF Limited (QEF 73M), che soddisfa i requisiti del team MEP e del cliente. In particolare, questi prodotti hanno una EPD che riporta quanto segue: GWP totale A1-A3 [kgCO2e/ton] = 13,8 tonCO2e/ton, mentre per le billette di alluminio il fornitore ha confermato la soglia di carbonio incorporato di 2,9 kgCO2e/kg.

Nella fase di approvvigionamento, si dovrà valutare la disponibilità dei materiali specifici e la fattibilità tecnico-economica di queste scelte, tenendo conto che il contenuto di carbonio dovrà essere dimostrato attraverso una Dichiarazione Ambientale di Prodotto o un calcolo certificato di Valutazione del Ciclo di Vita (LCA).

3.1.8 Vetro

Alcune strategie di riduzione del carbonio incorporato per la costruzione del data center potrebbero essere previste anche per i pannelli vetrati di facciata.

Nel mercato italiano sono infatti disponibili alternative a basse emissioni di carbonio per i pannelli di vetro, grazie all'introduzione del *cullet* (contenuto di vetro riciclato post-consumo) nella matrice di vetro. Ciò determina una riduzione del carbonio incorporato del vetro rispetto ai prodotti standard.

Nella fase di approvvigionamento, si povrà valutare la disponibilità dei materiali specifici e la fattibilità tecnico-economica di queste scelte, tenendo conto che il contenuto di carbonio dovrà essere dimostrato attraverso una Dichiarazione Ambientale di Prodotto o un calcolo certificato di Valutazione del Ciclo di Vita (LCA).

3.1.9 Pavimentazione esterna

Nel progetto sono state adottate alternative a bassa emissione di carbonio per la pavimentazione esterna dell'area di parcheggio, dell'area personale esterna e dei percorsi pedonali.

3.1.10 Scelta dei refrigeranti

Il progetto limiterà l'uso di gas refrigeranti grazie all'approccio AWS di non condizionare direttamente la data hall.

Nei casi di necessità di refrigeranti, per fornire il condizionamento al blocco amministrativo e ai locali tecnici elettrici, con una richiesta di raffreddamento molto limitata (<5%) sul carico di raffreddamento complessivo dell'intero edificio, è stata effettuata una valutazione che confronta i diversi gas refrigeranti in base al loro potenziale di riscaldamento globale (GWP) e alle prestazioni tecniche, preferendo quelli con valori di GWP più bassi in base alle diverse esigenze di ogni spazio condizionato e alle limitazioni tecnologiche (ad esempio, le dimensioni del sistema), mantenendo come soglia massima un GWP pari o inferiore a 675.

Uso finale	Spazi	Tipo di sistema HVAC	Refrigeranti	GWP
Riscaldamento e raffreddamento	Area amministrativa UTA	Espansione diretta (DX)	R454B	466
	Area amministrativa VRV	Variable Refrigerant Flow (VRF)	R32	675
	Area Amministrativa Stanze Critiche	Espansione diretta (DX)	R32	675
	Guardiania	Espansione diretta (DX)	R32	675
Acqua Calda Sanitaria	Area amministrativa	Pompa di calore ad alta temperatura	R32	675
	Guardiania	Resistenza elettrica	-	-

4. Temperature di progetto estreme

Per la progettazione del comfort cooling, l'approccio condiviso da AWS è quello di considerare la temperatura estrema del ASHRAE Handbook 2021 con ritorno a 50 anni, 38,8°C, e aggiungere 2°C come sicurezza, ottenendo 40,8°C.

Per il dimensionamento del serbatoio per il raffreddamento evaporativo della DAHU, si considerano le 24 ore peggiori degli ultimi anni e si installano due serbatoi invece di uno solo (approccio 2N).

5. Resilienza

I cambiamenti climatici in atto possono avere un impatto sulle operazioni di progetto in molti modi e devono essere affrontati in modo sistematico nelle fasi di progettazione e gestione del progetto. Ciò significa seguire una sequenza di passi:

- L'identificazione delle principali tendenze climatiche in atto e l'inquadramento del clima locale
- l'identificazione dell'impatto che il cambiamento climatico potrebbe avere sul clima locale
- la proposta di misure di adattamento alla progettazione.

5.1 Tendenze climatiche attuali

Il cambiamento climatico è una delle sfide più significative su scala globale. Negli ultimi due decenni, il territorio nazionale è stato esposto a diversi eventi meteorologici estremi, che hanno generato vittime e ingenti danni economici. Per intensità ed estensione, questi eventi sono in gran parte attribuibili agli effetti del cambiamento climatico già osservati a livello globale e in Italia. L'Italia, secondo l'ISPRA, presenta trend di crescita delle temperature anche superiori alle medie globali e, in particolare, nella Pianura Padana per la sua posizione e le sue caratteristiche geografiche (vedi figura 5.1). Fattori climatici come l'aumento delle temperature medie ed estreme e l'alterazione del regime pluviometrico (con una riduzione media delle precipitazioni, alternata a fenomeni pluviometrici molto intensi) interagiscono aumentando la frequenza di fenomeni come alluvioni e venti estremi.

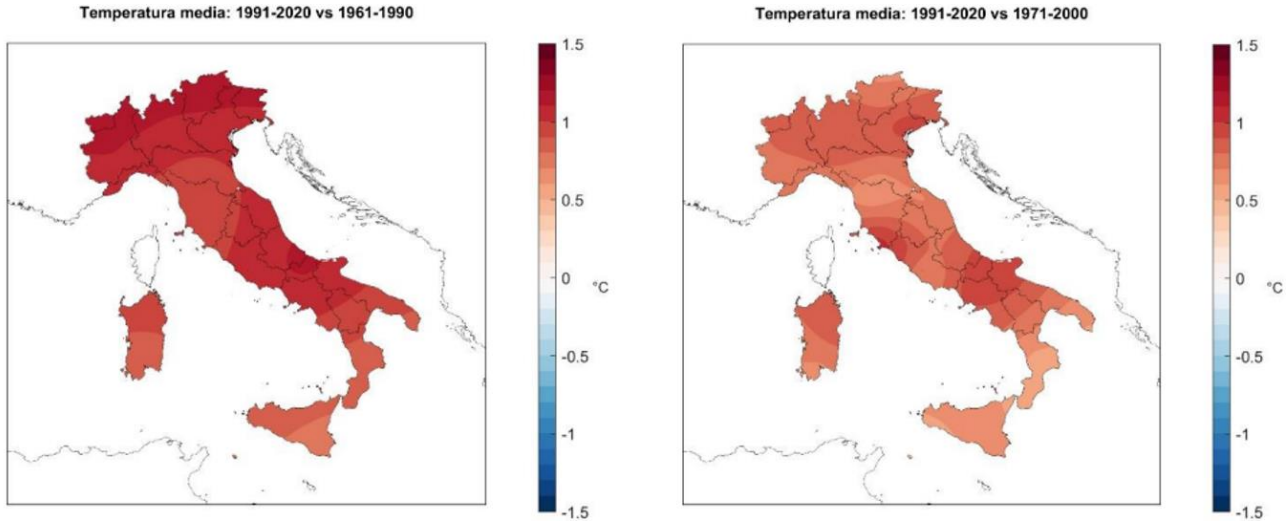

Figura 5.1 Confronto tra la temperatura media nel trentennio di riferimento 1991-2020 rispetto al 1961-1990 (sinistra) e al 1971-2000 (destra) su scala nazionale (Fonte: SCIA, 99/2022)

Le attuali tendenze climatiche e i loro impatti sono evidenziati anche a scala metropolitana. A Milano, infatti, si osservano le seguenti tendenze (vedi figura 5.2)

- Le temperature minime e massime per il periodo 1951-2017, rispetto al periodo di riferimento 1951-2000, mostrano una tendenza all'aumento con una variazione di circa 0,4°C per decennio. La tendenza all'aumento delle temperature (sia minime che massime) diventa più pronunciata dopo gli anni '90, durante i quali le anomalie annuali hanno raggiunto un picco di 3°C. Le ondate di calore e le notti estive tropicali sono in aumento, con un raddoppio dell'indicatore nel periodo 1991-2017 rispetto al 1961-1990.
- L'andamento, tra il 1970 e il 2017, del numero massimo di giorni consecutivi con una temperatura massima superiore al 90° percentile, che indica la durata dell'ondata di calore, mostra che tra il 1970-1980 le ondate di calore erano poco frequenti. Tuttavia, dopo il 1991, sia la stazione di Brera che quella di Linate hanno registrato, in media, un raddoppio del numero di ondate di calore.

- Il conteggio dei giorni/notti con temperatura minima superiore a 20°C, noti come notti tropicali, confrontato con i dati storici (1971-2000) delle stazioni di Brera e Milano Linate mostra che il numero medio di notti tropicali è raddoppiato dal 1991 al 2017.
- Nel periodo compreso tra il 1951 e il 2017, si osserva una diminuzione di circa 5 giorni nella frequenza dei giorni di gelo. Inoltre, la frequenza dei giorni di gelo tende ad avvicinarsi a zero con maggiore frequenza a partire dall'anno 2000. A livello stagionale, nel periodo compreso tra il 1951 e il 2017, è stato osservato un trend temporale che indica una leggera diminuzione delle precipitazioni cumulate (mm/anno) per entrambe le stazioni di Brera e Linate, con una diminuzione leggermente più pronunciata osservata durante i mesi estivi.
- L'andamento annuale della frequenza degli eventi estremi (definiti come il numero di giorni all'anno con precipitazioni superiori al 90° percentile) non mostra una chiara tendenza dal 1951 al 2016.

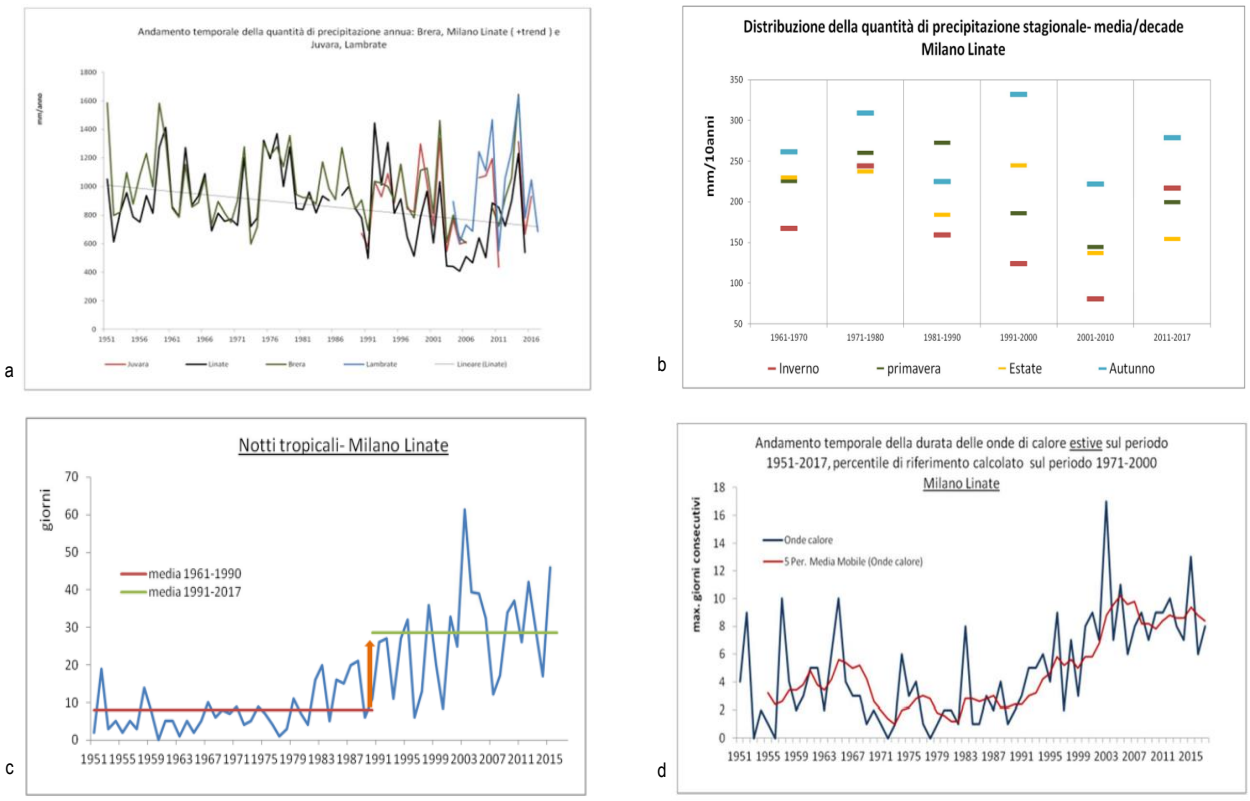

Figura 5.2. a) Andamento temporale delle precipitazioni cumulate annuali per le stazioni disponibili e l'andamento della stazione di Milano Linate; b) Andamento temporale dell'anomalia stagionale delle precipitazioni a Milano Linate: periodo 1951-2017; c) Aumento del numero di notti calde tra il 1951 e il 2017; d) Andamento delle ondate di calore dal 1951 al 2017 per la stazione di Milano Linate.

Le tendenze climatiche più significative sono riassunte nella figura seguente (vedi figura 5.3) e possono essere ricondotte a **3 fenomeni principali**:

- Scarsità d'acqua (**siccità prolungata**) e troppa acqua (**inondazioni**)
- **Ondate di calore, aumento delle temperature medie e di picco**
- **Possibilità di temporali con venti forti.**

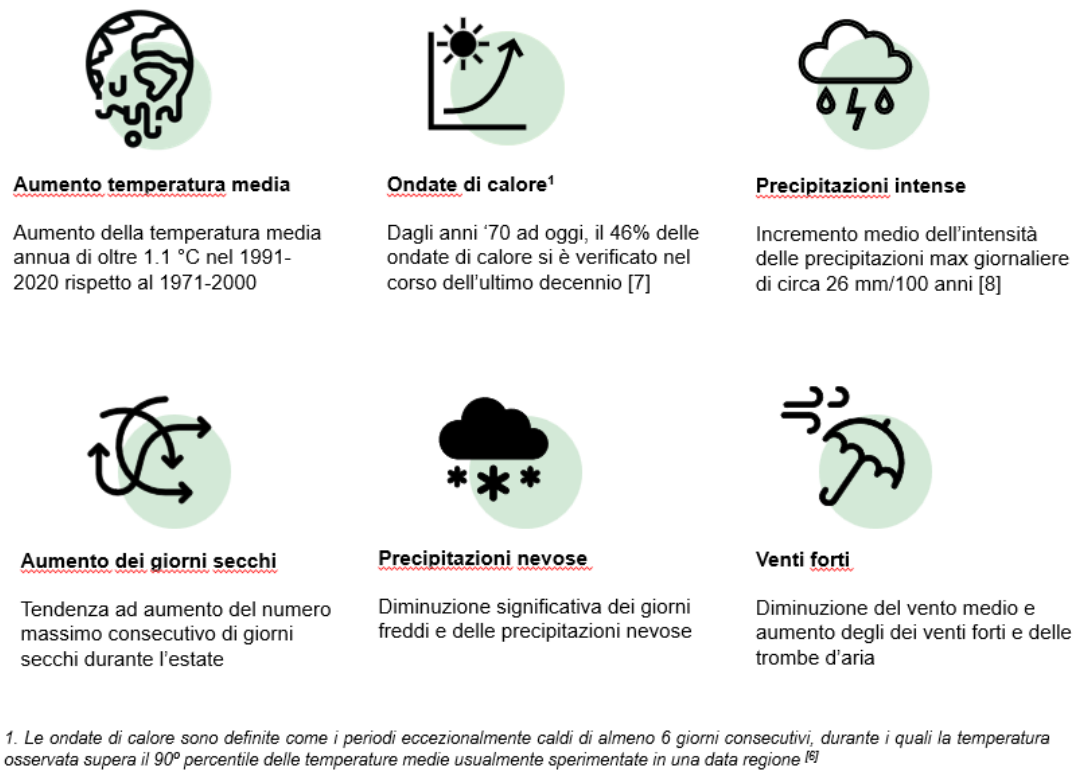

Figura 5.3 Sintesi delle principali tendenze climatiche nell'area di Milano

5.2 Potenziale evoluzione del clima locale

Il continuo aumento delle emissioni di gas serra provocherà un incremento del riscaldamento globale. In Italia, si prevede che entro il 2090 la temperatura media annua aumenterà di circa +1°C secondo lo scenario RCP2.6 e fino a +5°C secondo lo scenario RCP8.5 rispetto al periodo di riferimento 1980-2010.

L'aumento delle temperature porta anche a un incremento dell'umidità atmosferica, che amplifica le precipitazioni estreme e il rischio di inondazioni, generando temporali sempre più distruttivi. Inoltre, il riscaldamento delle acque superficiali degli oceani influenza la frequenza e l'ampiezza delle tempeste e dei venti forti.

Ogni aumento del riscaldamento globale aumenterà la frequenza e l'intensità di molteplici pericoli simultanei. La probabilità e l'entità degli impatti negativi previsti e delle relative perdite e danni dovuti al cambiamento climatico aumentano con l'aumento del riscaldamento globale.

I rischi climatici e non climatici interagiranno in modi sempre più complessi e difficili da gestire, generando rischi a catena e a cascata. Sebbene alcuni cambiamenti futuri siano inevitabili e/o irreversibili, una riduzione significativa delle emissioni globali di gas serra può limitarli. L'aumento del riscaldamento globale aumenta la probabilità di cambiamenti improvvisi e/o irreversibili, nonché la probabilità di eventi avversi gravi associati a livelli più elevati di riscaldamento.

Le opzioni di adattamento, attualmente praticabili ed efficaci, saranno sempre più limitate e meno efficaci con l'aumento del riscaldamento globale. Inoltre, con il progredire del riscaldamento, aumenteranno le perdite e i danni e altri sistemi umani e naturali raggiungeranno i limiti della capacità di adattamento. Il disadattamento può essere evitato attraverso una pianificazione flessibile, multisettoriale, inclusiva e a lungo termine, implementando azioni di adattamento con benefici concomitanti per diversi settori e sistemi.

I modelli climatici variano per struttura, modalità di parametrizzazione e ipotesi di base e, per questo motivo, danno luogo a risposte diverse alle variazioni delle concentrazioni di gas serra. Questa variabilità tra i modelli introduce una significativa incertezza nelle proiezioni climatiche, chiamata incertezza del modello. Nonostante i significativi progressi compiuti negli ultimi anni, i modelli climatici rimangono rappresentazioni semplificate del complesso sistema Terra e diversi fattori contribuiscono all'**incertezza delle proiezioni climatiche**:

a. Comprensione ancora limitata dei processi naturali

b. Dati insufficienti (sia in termini di serie temporali di riferimento, sia in termini di elementi raccolti e infine in relazione all'area spaziale studiata)

c. Vincoli computazionali: I modelli climatici operano su griglie con risoluzioni spaziali e temporali limitate che possono influenzare la rappresentazione di processi e fenomeni a piccola scala, portando a incertezze nelle proiezioni climatiche, soprattutto a scala regionale.

La tabella seguente mostra i modelli climatici e i portali online consultati in questo studio, insieme alle loro caratteristiche principali.

DATA SOURCE	MODELS/ENSEMBLE	BASELINE	SOURCE
Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - ISPRA	Med-CORDEX (50km resolution)	1971-2000	ISPRA, Stato dell'Ambiente 58/2015 ISBN 978-88-448-0723-8
Centro euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici - CMCC – temperature data	CMIP5 EURO-CORDEX (8km resolution)	1981-2010	http://www.euro-cordex.net https://www.cmcc.it/it/report-milano
Centro euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici - CMCC – precipitation data	COSMO CLM (8km resolution)	1981-2010	http://www.euro-cordex.net https://www.cmcc.it/it/report-milano
Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC	CMIP5 EURO-CORDEX (50km resolution)	1981-2010	https://www.ipcc.ch/ https://interactive-atlas.ipcc.ch/
Weathershift Heat	CMIP5* (100km x 100km)	1971-2000	https://weathershift.com/weathershift/heat
Weathershift Rain	CMIP5 (100km x 100km)	1929-2018 (discontinuous data and not uniformly spatially distributed across Lombardy)	https://weathershift.com/weathershift/rain

Le "Linee guida tecniche per le infrastrutture a prova di clima 2021-2027" della Commissione Europea indicano che, ai fini delle applicazioni pratiche per l'adattamento al clima, potrebbe essere preferibile utilizzare l'RCP 4.5 per le proiezioni climatiche fino a circa il 2060, o l'RCP6.0. Ad oggi, vi è consenso sul fatto che per gli anni successivi al 2060, l'RCP 4.5 potrebbe sottostimare i cambiamenti, soprattutto se le emissioni di gas serra dovessero risultare più elevate del previsto. Pertanto, per le proiezioni attuali fino al 2100, sarebbe più significativo utilizzare l'RCP 6.0. Infine, l'RCP 8.5 è considerato lo "scenario peggiore", poiché ipotizza un aumento significativo delle temperature e quindi impatti significativi (vedi figura 5.4).

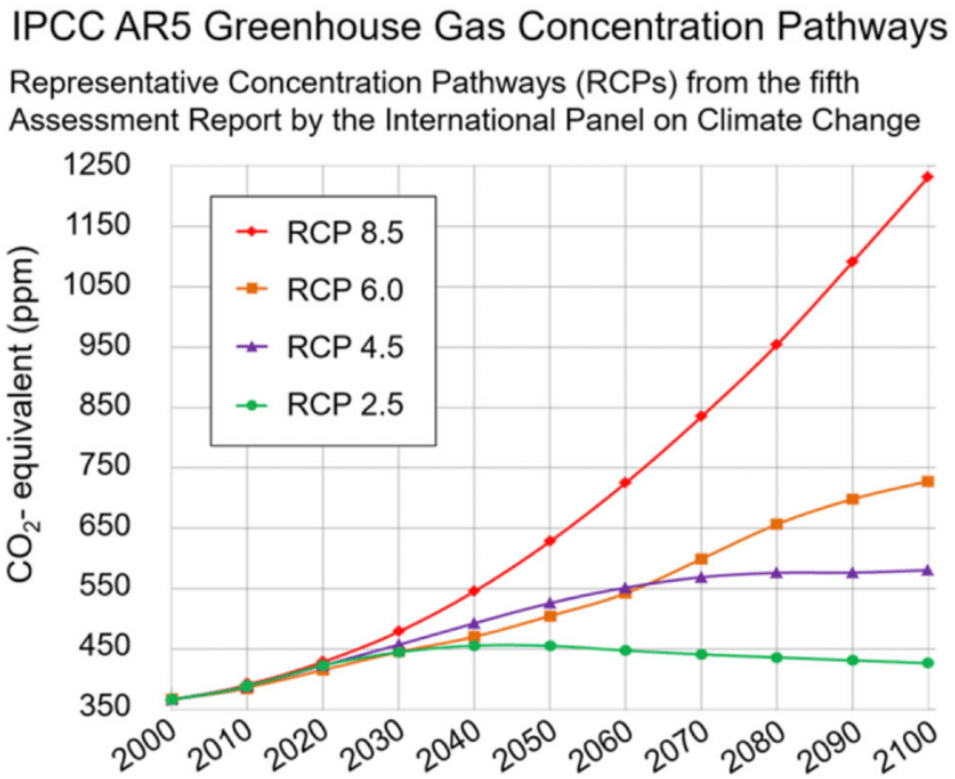

Figura 5.4. Concentrazioni atmosferiche di CO2 equivalente (in parti per milione - ppm) secondo i quattro RCP utilizzati dal Quinto Report di Valutazione dell'IPCC per formulare le previsioni (immagine da Hanna et al. 2019).

Il potenziale impatto sul clima locale si concentra, come anticipato nel paragrafo precedente, su alcuni eventi/rischi climatici in particolare:

- Eventi piovosi e alluvionali
- Siccità
- Venti forti

Questi aspetti vengono studiati per verificare la rilevanza degli elementi locali per caratterizzare meglio la situazione rispetto alla scala di Milano.

Eventi pluviometrici estremi e rischio di alluvioni

L'urbanizzazione e l'impermeabilizzazione del suolo possono avere un impatto significativo sulle caratteristiche idrauliche di una determinata area, poiché limitano l'assorbimento naturale dell'acqua piovana da parte della vegetazione e dei suoli.
Recenti evidenze scientifiche indicano che questi fenomeni di inondazione potrebbero aumentare sia in intensità che in frequenza a causa dei cambiamenti climatici.
Per valutare il rischio di alluvione, sono state considerate le seguenti principali fonti di pericolo:

- Inondazioni fluviali che si verificano a causa dell'innalzamento del livello dei fiumi oltre i livelli di allerta.
- Inondazioni dovute all'innalzamento delle acque sotterranee
- Inondazioni da pioggia, generate da elevati volumi di precipitazioni, indipendentemente dalle condizioni del corpo idrico principale. Questo fenomeno può verificarsi in due modi:
    - Propagazione in superficie di volumi di pioggia provenienti da aree esterne o che scorrono su superfici stradali
    - Rischio idraulico legato al sistema di drenaggio/scarico delle acque che potrebbe rivelarsi insufficiente a smaltire l'acqua in entrata

Le proiezioni Atlas-IPCC sono state valutate considerando due scenari climatici, RCP4.5 e RCP8.5, e due periodi di tempo, 2050 e 2090.
Le proiezioni climatiche esaminate forniscono dati sulla precipitazione massima giornaliera (mm/giorno) e sulla precipitazione massima di 5 giorni su scala annuale.
I risultati sono coerenti con le tendenze del cambiamento climatico globale e sono supportati da numerosi studi scientifici che mostrano un aumento degli eventi meteorologici estremi, comprese le precipitazioni intense, in risposta all'aumento delle temperature medie globali e sono riassunti di seguito:

- Analizzando le variazioni stagionali previste dal modello COSMO CLM con una risoluzione di 8 km, ottimizzato per l'Italia e considerando il periodo 2035-2065 rispetto al periodo di riferimento 1981-2010, si osservano i seguenti cambiamenti:
    - RCP4.5 - Scenario di politica climatica: leggera diminuzione delle precipitazioni invernali, diminuzione più marcata delle precipitazioni estive e primaverili e aumento delle precipitazioni autunnali.
    - RCP8.5 - Scenario senza politiche climatiche: aumento delle precipitazioni invernali e autunnali e diminuzione di quelle primaverili ed estive.
- Nello scenario climatico più pessimistico, RCP8.5, la media delle precipitazioni massime giornaliere (mm/giorno) su scala annuale fino al 2090, secondo l'IPCC, è di 71,07 mm/giorno, mentre la precipitazione massima in 5 giorni è di 123,98 mm/5 giorni.
- Nello scenario climatico considerato, RCP4.5, invece, la precipitazione massima giornaliera media (mm/giorno) su scala annuale al 2090 secondo l'IPCC è di 67,88 mm/giorno, mentre la precipitazione massima in 5 giorni è di 123,98 mm/5 giorni .[1]

[1] *WeatherShift™ *utilizza i dati della modellazione del cambiamento climatico globale per produrre file meteo EPW e file Design Day adattati alle mutevoli condizioni climatiche.* (https://weathershift.com/weathershift/home)

IPCC CMIP5 - CORTEX

Variable (Res. 20 km - baseline 1981-2010)	2041-60		2081-2100	
	rcp4.5	rcp8.5	rcp4.5	rcp8.5
Maximum 1 day precipitation (mm/day)	64.55	65.82	67.88	71.07
Maximum 5-day precipitation (mm/5 day)	116.94	118.84	123.65	123.98

Figura 5.5. Proiezioni climatiche per i due scenari climatici RCP2-4.5 e RCP5-8.5 per il 2050 e il 2090 - dati IPCC

Un ulteriore elemento rilevante è dato dall'analisi dell'andamento del numero massimo di giorni consecutivi senza precipitazioni, che mostra, per l'estate, una significativa tendenza all'aumento (vedi figura 5.6). La figura 17 mostra l'andamento dell'indicatore durante l'estate per le stazioni con periodo storico dal 1951 a oggi (Milano Linate e Brera) e per il periodo più breve con dati disponibili dal 1990 a oggi (Juvara).

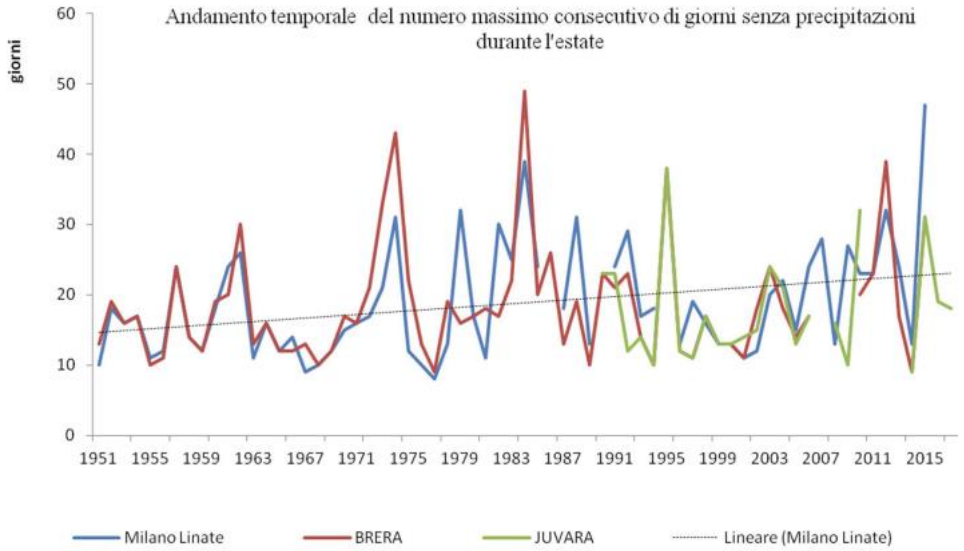

Figura 5.6. Andamento del numero massimo di giorni senza precipitazioni durante l'estate per le stazioni con periodo storico dal 1951 a oggi (Milano Linate e Brera) e per il periodo più breve con dati disponibili dal 1990 a oggi (Juvara) - Fonte PAC Comune di Milano

Questa tendenza è confermata nelle proiezioni future per tutte le stagioni, tranne l'autunno, che mostra una leggera diminuzione (vedi Figura 5.7).

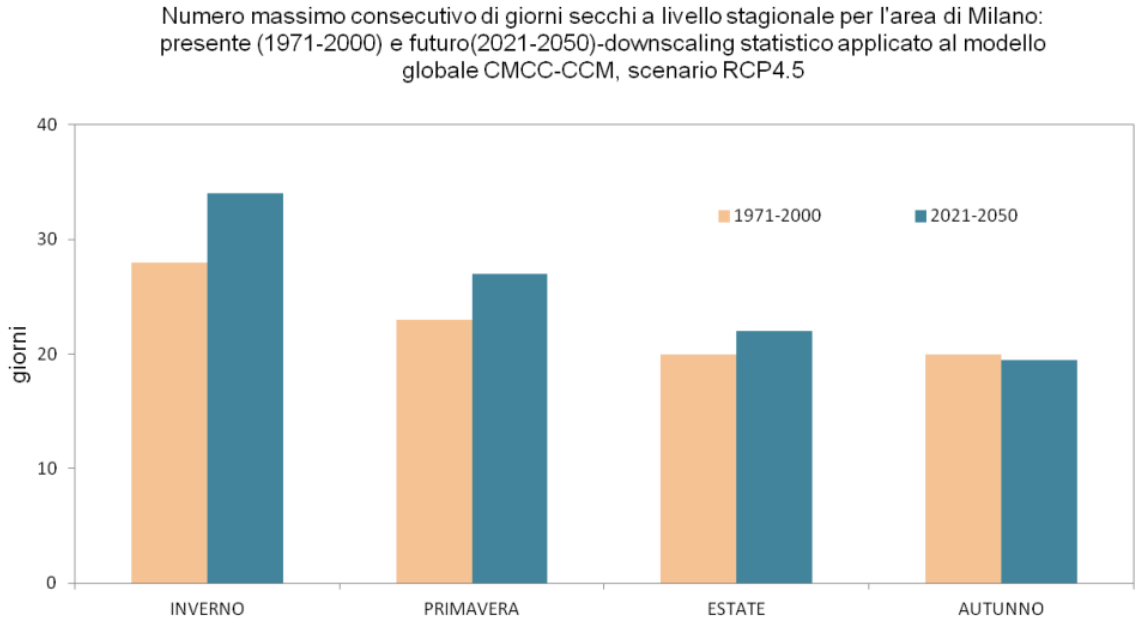

Figura 5.7. Scenari di variazione del numero massimo di giorni secchi consecutivi, periodo 2021-2050 rispetto al periodo 1971-2000, scenario di emissione RCP4.5; area di Milano Fonte PAC Comune di Milano

Ondate di calore, aumento delle temperature medie e di picco

In Italia, l'analisi dei dati climatici rilevati dalle principali reti di osservazione nazionali e regionali indica un aumento di oltre +1,1°C della temperatura media annua nel periodo 1981-2010 rispetto al trentennio 1971-2000[SCIA, 2022].
Gli ultimi anni sono stati caratterizzati da aumenti di temperatura stagionali e annuali piuttosto elevati per la Regione Lombardia (cfr. Figura 5.8). Il 2019 è stato il terzo anno più caldo dall'inizio delle osservazioni, con un'anomalia di +1,56°C rispetto al trentennio 1961-1990[SCIA, 2022], superando i record registrati nel 2018 e nel 2015. Inoltre, otto dei dieci anni più caldi della serie storica sono stati registrati dal 2011, con anomalie che vanno da +1,3°C a +1,7°C.

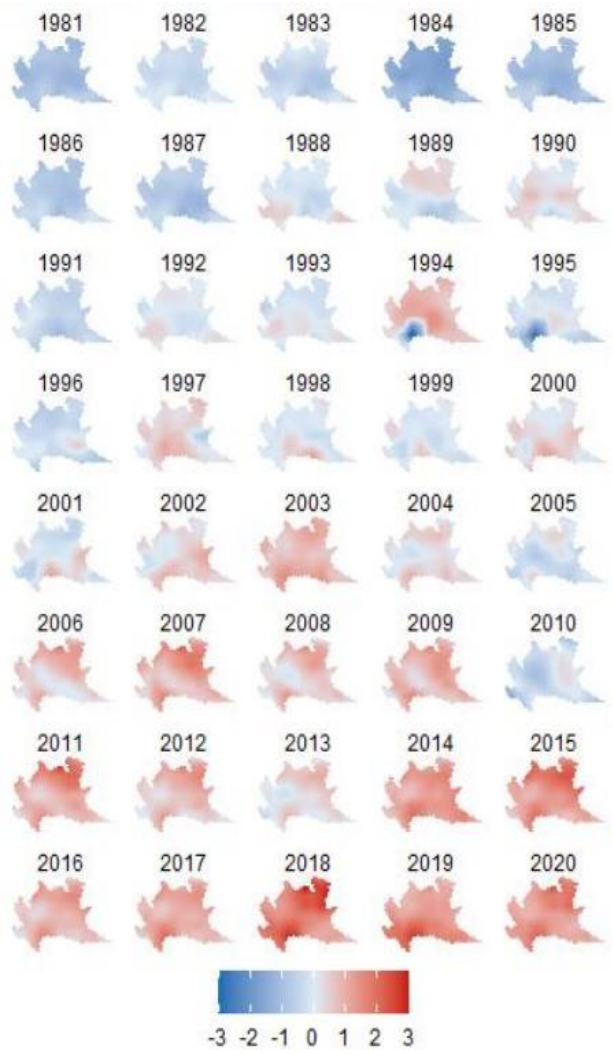

Figura 5.8 Temperature medie annuali (differenze in °C con il periodo 1986-2005) Le interpolazioni sono ottenute dal dataset E-OBS con una risoluzione nativa di 0,25°. La post-elaborazione permette di ridurre il passo della griglia e di calcolare le differenze di ogni anno rispetto alla media del periodo di riferimento 1986-2005.

L'ambiente urbano di Milano, rispetto all'area metropolitana, è caratterizzato da una maggiore densità di superfici impermeabili e da una minore vegetazione rispetto alle aree rurali circostanti ed è particolarmente suscettibile agli effetti dell'isola di calore urbana. Tuttavia, gli effetti dell'isola di calore sono evidenti in molte aree dell'area metropolitana (cfr. Figura 5.9).

Gli ultimi decenni sono stati caratterizzati da un significativo aumento delle temperature medie e delle ondate di calore [Gaudioso et al, 2014]. I modelli climatici mostrano che questa tendenza si sta rafforzando, con un aumento delle temperature medie ed estreme e della frequenza e durata delle ondate di calore sia per gli scenari a basse emissioni (RCP4.5) che per quelli ad alte emissioni (RCP8.5), con conseguenti impatti significativi sui centri urbani. Inoltre, si ritiene probabile che la temperatura massima raggiunta durante questi eventi estremi aumenterà fino a +5ºC entro il periodo 2071-2100 (scenario di riferimento 1971-2000).

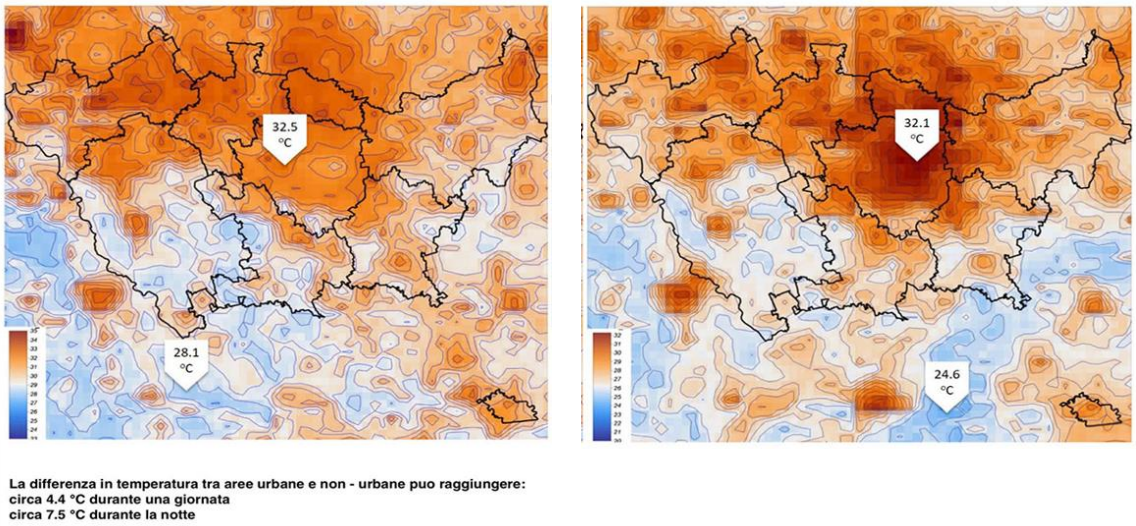

Figura 5.9 Evidenza dell'isola di calore urbana e della differenza di temperatura durante il periodo estivo.
A sinistra, la differenza di temperatura durante la notte. A destra, le temperature durante la stagione estiva; [12].

5.3 Implicazioni per il design

Come illustrato nei paragrafi precedenti, i cambiamenti climatici possono avere effetti, in particolare, sul regime delle precipitazioni, sulle temperature medie e di picco e, potenzialmente, sul regime dei venti (in particolare sulla frequenza dei venti estremi).

Tuttavia, la quantificazione di questo impatto/influenza è molto difficile e soggetta a molti gradi di incertezza sia insiti nei modelli climatici sia nella loro declinazione a livello locale su scale molto limitate come l'area di progetto.

Per informazioni più dettagliate sui rischi e sulle misure di adattamento implementate, si rimanda al rapporto di valutazione dei rischi climatici.

6. Strategia di gestione sostenibile dell'acqua

La strategia di gestione delle acque considera i seguenti elementi principali:

- in entrata per massimizzare l'uso delle fonti di acqua non potabile disponibili localmente e ridurre al minimo la domanda di acqua potabile;

- acqua in uscita sia dal processo produttivo che dallo smaltimento delle acque meteoriche.

In linea con l'impegno a cercare soluzioni Water Positive, nel prosieguo del progetto verranno analizzate le possibili opzioni per il riutilizzo dell'acqua in uscita dall'area.

7. Bibliografia

Le fonti consultate per la preparazione di questa relazione includono le seguenti:

1. European Environment Agency. https://www.eea.europa.eu/en/topics/at-a-glance/climate. [Online] n.d. [Cited: 13 September 2024.]

2. United Nations Framework Convention on Climate Change. Article 1 - Definitions. United Nations Framework Convention on Climate Change. [Online] 1992. [Cited: 13 September 2024.] https://unfccc.int/resource/ccsites/zimbab/conven/text/art01.htm#:~:text=For%20the%20purposes%20of%20this%20Convention%3A&text=%22Climate%20change%22%20means%20a%20change,observed%20over%20comparable%20time%20periods

3. European Commission. Technical guidance on the climate proofing of infrastructure in the period 2021-2027. European Commission. [Online] 2021. [Cited: 13 September 2024.] https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/23a24b21-16d0-11ec-b4fe-01aa75ed71a1/language-en

4. Intergovernmental Panel on Climate Change. Annex I: Glossary [Matthews, J.B.R. (ed.)]. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways. Intergovernmental Panel on Climate Change. [Online] 2018. [Cited: 13 September 2024.] https://www.ipcc.ch/sr15/chapter/glossary/

5. Hausfather, Zeke. Explainer: How 'Shared Socioeconomic Pathways' explore future climate change. Carbon Brief. [Online] April 19, 2018. [Cited: 13 September 2024.] https://www.carbonbrief.org/explainer-how-shared-socioeconomic-pathways-explore-future-climate-change/

6. Klein Tank, A.M.G. and Konnen, G.P. (2003) Trends in Indices of Daily Temperature and Precipitation Extremes in Europe, 1946-99. Journal of Climate, 15, 3665-3680.

7. SCIA - National System for Climate Data Processing and Dissemination, the 1991-2020 climate normals of temperature and precipitation in Italy 99/2022

8. Gaudioso D., Giordano, F, Taurino E., Sansoni M., "Le città e la sfida dei cambiamenti climatici", *X rapporto "Qualità dell'ambiente urbano*, 2014.

9. Spano D., Mereu V., Bacciu V., Marras S., Trabucco A., Adinolfi M., Barbato G., Bosello F., Breil M.,Chiriacò M. V., Coppini G., Essenfelder A., Galluccio G., Lovato T., Marzi S., Masina S., Mercogliano P., Mysiak J., Noce S., Pal J.,Reder A., Rianna G., Rizzo A., Santini M., Sini E., Staccione A., Villani V., Zavatarelli M., 2020. "Risk analysis. Climate change in Italy." DOI: 10.25424/CMCC/RISK_ANALYSIS.

10. Annex No. 2 of the City of Milan's Air and Climate Plan, which covers the period 1951-2017

11. ISPRA Superior Institute for Environmental Protection and Research - State of the Environment 58/2015

12. Metropolitan City of Milan, Fondazione Cariplo - Urban Simulation Laboratory Fausto Curti - Politecnico di Milano

13. CMCC Report Milan. Spano D., Mereu V., Bacciu V., Barbato G., Buonocore M., Casartelli V., Ellena M., Lamesso E., Ledda A., Marras S., Mercogliano P., Monteleone L., Mysiak J., Padulano R.,Rafa M., Ruiu M.G.G.,Serra V., Villani V., 2021. "Risk analysis. Climate change in six Italian cities." DOI: 10.25424/cmcc/analisi_del_rischio_2021

14. 1971-2000 climate tables of the Milan Linate weather station from the 1971-2000 Climate Atlas of the Air Force Meteorological Service, at clima.meteoam.it, Air Force Weather Service.

15. R. Dickinson, B. Brannon, Generating Future Weather Files for Resilience, PLEA 2016 Los Angeles - 36th International Conference on Passive and Low Energy Architecture